

明 細 書

ワークロールのオンライン研削方法

技術分野

[0001] 本発明は、圧延機の操業中にワークロールを研削するオンライン研削方法に関する。

背景技術

[0002] 圧延機の操業中にワークロール（以下単にロールとも称す）を研削し、圧延によって生じるワークロール表面の凹凸をなくすことによって1本のロールによって圧延できる生産量（伸一ル単位）を増大させるオンラインロール研削装置は、従来から連続熱間圧延工程（HOT）における仕上圧延機などに用いられている。

[0003] すなわち、板圧延機のワークロールは、鋼板を圧延すると鋼板に接触する部分のみが摩耗し、鋼板に接触しない非圧延部分との間に摩耗段差が生じる。この摩耗段差が発生したロールを用いて摩耗幅以上の幅を有する鋼板を圧延すると、板厚精度や平坦度を悪化させるれづ問題があった。

[0004] そこで、広幅の板から狭幅の板の順に圧延するなど圧延スケジュールを制約する必要が生じていた。しかし、オンラインロール研削装置を設置すれば、圧延の進行に伴って増大する摩耗段差を圧延中に逐次研削・除去することが可能となるため、前記制約を撤廃してロール単位を増大させることができる。

[0005] オンラインロールの研削装置においては、回転砥石（以下単に砥石とも称する）の破損や研削装置の故障を回避するために、圧延材の圧延機への噛込み時および噛抜け時を避けた限られた時間内に非圧延部の摩耗段差を研削除去しなければならない。

[0006] そこで、効率的に摩耗段差を研削除去するためには、研削能力の高い砥石を用いるとともに、実研削時間をできる限り長く確保する必要がある。

[0007] 圧延材の圧延機への噛込み・噛抜けの衝撃で発生する振動によってロールと砥石が接触して砥石が破損しないよう、非研削時は、砥石はロール表面から1 Q_{nm} ～2 Q_m程度離れて待機している。

- [0008] そして、研削可能なタイミングになったときに、砥石は前進を開始しロールにグッチした後、予め設定した研削押付負荷になると研削を開始するが、実研削時間を長く確保するためには、砥石の前進開始から前記設定研削押付負荷になるまでの研削準備時間を短縮する必要がある。つまり、砥石前進速度を大きくする必要がある。
- [0009] 砥石の研削能力はロールへの押付荷重によって変化するため、研削中は、押付荷重を内蔵されたロードセルによって検出し、砥石の押付量を制御して押付荷重をコントロールする必要があり、その研削装置の構造や基本的な制御方法は、例えば、特許文献1に開示されている。
- [0010] その方法は、基本的にはロールのプロファイルを維持するために一定押付負荷で研削し、一定の深さを研削する。意図的にプロファイルを変更する場合は、ロールの部位に応じて押付荷重を変更し研削深さを制御するものである。
- [0011] しかし、この従来の方法は、研削開始の際に、砥石を高速で前進移動させると、急速に押付荷重が増加し、研削押付荷重の設定値を大きくオーバーして過研削になったり、場合によっては砥石が破損するれづ問題点があった。
- [0012] 特に、従来の連続熱間圧延工程の圧延機におけるオンライン研削では、60秒～120秒の比較的長い圧延材噛込み中に研削を行うため研削時間に余裕があり、研削準備時間を短縮するニーズは低かった。したがって、過研削や砥石破損を防止することを優先し、待機位置から低速で砥石を前進させてロールにグッチさせる方法を採用していた。
- [0013] しかし、例えば板厚が6mm以上の厚板を圧延する場合は、1基あるいは2基の圧延機による間欠圧延となるため、圧延材を噛込んで圧延している時間は最大でも10秒程度であり、ロール研削を一気に完了することはできず、研削可能なタイミングとしては、鋼板の圧延方向を変更するターン時またはアイドル時しかない。
- [0014] なお、アイドル時とは、先行被圧延材の圧延が完了し、後行被圧延材の噛込を待っている状態でロールを空運転している時間をいい、20秒前後の短い時間である。
- [0015] そこで、ロール研削時間をできる限り長く確保しつつ、砥石のワークロールへの押付負荷が設定研削押付負荷を超えるオーバーシュートを低減することによって、過研削や砥石破損を防止するオンラインロール研削方法を実現する必要があった。

[0016] 特許文献1:特開平08-30411号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0017] そこで、本発明は、回転砥石の前記研削準備時間ができる限り短く、かつ、回転砥石のワークロールへの押付負荷が設定研削押付負荷を超えるオーバーシュートを低減することができるワークロールのオンラインロール研削方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0018] 本発明は、前記課題を解決するためになされたものであり、その手段は、

(1) 圧延機のワークロールに弾性を有する回転砥石を押付けて研削するワークロールのオンライン研削方法であって、前記回転砥石がワークロールに接触した後、該回転砥石の押付負荷が予め設定した設定負荷 F になった際に、該回転砥石の前進速度を減速させて、前記回転砥石のワークロールへの押付負荷 F が設定研削押付負荷 F_0 を超えるオーバーシュートを低減することを特徴とするワークロールのオンライン研削方法である。

[0019] (2) 前記予め設定した負荷 F が下記(A)式を満足する範囲の値であることを特徴とする手段(1)に記載のワークロールのオンライン研削方法である。

$$F \equiv F_0 - K \times V1 \times At \cdots (A)$$

ここに、 F :設定負荷[N]、

F_0 :設定研削押付負荷[N]、

K :砥石バネ剛性[N/mm]、

$V1$:減速前の砥石の前進速度[mm/s]、

At :制御遅れ時間[s]

[0020] (3) 前記回転砥石の減速後の前進速度 $V2$ が、下記(B)式を満足することを特徴とする手段(1)または(2)に記載のワークロールのオンライン研削方法である。

$$0.6 \times (S \times F_0 / (K \times At)) \equiv V2 \equiv S \times F_0 / (K \times At) \cdots (B)$$

ここに、 $V2$:回転砥石の減速後の前進速度[mm/s]、

S :設定研削押付負荷 F_0 に対する許容オーバーシュート量の比率、

K:砥石バネ剛性[N/mm]、

A_t:制御遅れ時間[s]

発明の効果

- [0021] 本発明によれば、弾性を有する回転砥石がワークロールに接触して、予め設定した設定負荷Fになった段階で、該回転砥石の前進速度を減速することによって、回転砥石のワークロールへの押付負荷が設定研削押付負荷を超えるオーバーシュート量を低減してオーバーシュートを許容値以内にすることができるので、ワークロールの過研削、回転砥石の破損を防止することが可能になるなど、産業上有用な著しい効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本発明のオンラインロール研削方法の実施形態を例示する図であり、圧延機を側面から見た断面図である。
- [図2]従来のオンラインロール研削方法におけるオーバーシュートを例示する図である。
- [図3]従来のオンラインロール研削方法における回転砥石の前進速度が遅い場合の押付荷重の変動を例示する図である。
- [図4]本発明のオンラインロール研削方法における押付速度と押付荷重の変動を例示する図である。

符号の説明

- [0023] 1 ワークロール
2 バックアップロール
3 ロール研削装置

発明を実施するための最良の形態

- [0024] 本発明を実施するための最良の形態について、図1乃至4を用いて詳細に説明する。

本実施形態においては、被圧延材の代表例として厚鋼板について説明する。

- [0025] 図1は、本発明のオンライン研削方法の実施形態を例示する図である。

図1において、1はワークロール、2はバックアップロール、3はロール研削装置を示す。

本実施形態においては、上下のワークロール1のそれぞれに左右一対、合計4台のロール研削装置3が設けられており、図1に示すように、回転砥石3aをワークロール1の表面に押付けながらロール軸方向に移動させることによってワークロール1の表面を研削することができる。

図1に示すように、回転砥石3aをロールに押付け、 Δh の砥石たわみ量変化が生じれば砥石押付荷重は ΔF 変化する。

[0026] 図2は、従来のオンラインロール研削方法における回転砥石の前進速度が速い場合の押付荷重の変動を例示する図であり、回転砥石がワークロールに接触した後も、速い速度で回転砥石を前進させると、前記研削準備時間は短くなる。しかし、押付荷重は急速に上昇し、押付荷重のフィードバック制御の遅れによって設定研削押付負荷である F_0 を超えて許容値以上のオーバーシュートが発生するため、過研削や回転砥石の破損の原因となるものである。

[0027] また、図3は、回転砥石の前進速度が遅い場合の押付荷重の変動を例示する図であり、回転砥石の前進速度を、遅く設定しておけば、前述のような許容値以上のオーバーシュートは発生しないが、設定研削押付負荷 F_0 に到達するまでの研削準備時間が長くなるので、所定の研削を行うために必要な研削時間が長くなる。

[0028] このため、本発明者等は、前記押付荷重のフィードバック制御の遅れがあっても、許容値以上のオーバーシュートを発生させずに短時間に設定研削押付負荷 F_0 まで到達する方法について検討した。

[0029] まず、回転砥石の砥石バネ剛性を $K[N/mm]$ 、砥石の押付量(たわみ量)変化を Δh [mm]とすると、図1に示す押付荷重変化： $\Delta F[N]$ は、

$$\Delta F = K \times \Delta h \quad \dots (1)$$

となる。

そして、回転砥石を待機位置から前進させ、ワークロールにタッチさせるときの前進速度を $V1[mm/s]$ とすれば、ワークロールにタッチした後の経過時間を $\Delta t[s]$ とすると回転砥石の押付量変化： $\Delta h[mm]$ は、

$$\Delta h = V1 \times \Delta t \quad \dots (2)$$

で表されるので、ワークロールにタッチした後の押付荷重の変化は、

$$\Delta F = K \times V1 \times \Delta t \quad \dots (3)$$

となる。

[0030] したがって、回転砥石が高剛性であるほど、あるいは前進速度が速いほど短時間で押付荷重が増大することとなる。また、前進速度が速いほど制御の遅れから大きくオーバーシュートする。

[0031] ここで(3)式からわかるように、回転砥石の剛性を小さくすることで押付荷重の急増を低減できるが、研削による押付荷重で回転砥石が塑性変形しないように、回転砥石の剛性は研削能力に必要な押付荷重から制約される。

[0032] 制御の遅れは、荷重検出のサンプリング時間、モータの制御特性などによって生じる。したがって、回転砥石を高速前進させても過荷重が発生しないように、制御の遅れを補償する目的でワークロールにタッチした後の押付荷重が設定研削押付荷重 F_0 に到達する前に前進速度を減速させる必要がある。制御上の遅れ時間 Δt が既知であれば、その遅れ時間を考慮して許容値以上のオーバーシュートを防止するためには回転砥石の前進速度を変更する時点の設定負荷 F を(4)式に示す値とすればよい。

$$F = F_0 - K \times V1 \times \Delta t \quad \dots (4)$$

[0033] しかし、回転砥石の砥石バネ剛性 K は一般的に1000N/mmから3000N/mmであるため、5mm/sの前進速度で回転砥石を押付けると、荷重検出のサンプリング時間を10msecとすれば、サンプリング毎に50Nから150Nの荷重変化が発生することになる。この荷重変化は砥石の設定研削押付負荷 F_0 が500Nから2000Nが一般的であることを考慮すると比較的大きいため、許容値以上のオーバーシュートを確実に防止するには上記(4)式で示す設定負荷 F を越す前に回転砥石の前進速度を減速するように負荷設定するのが好ましい。

[0034] そして、減速後の回転砥石は、その速度 $V2$ で前進して設定研削押付負荷 F_0 を検知すると停止するものである。この際にも前記制御の遅れが生じるために、前記許容値以上のオーバーシュートが発生する恐れがあるために、制御遅れ時間 Δt 、設定

研削押付負荷 F_0 に対する許容オーバーシュート量の比率 S 等を考慮して下式(5)で算定した範囲内で、かつ、上限に近い値の前進速度にすることが好ましい。

$$0.6 \times (S \times F_0 / (K \times A_t)) \equiv V_2 \equiv S \times F_0 / (K \times A_t) \dots (5)$$

また、この減速後の回転砥石の前進速度 V_2 の下限を $0.6 \times (S \times F_0 / (K \times A_t))$ としたのは、これ以下では設定研削押付負荷 F_0 に達するまでの時間が不必要に長くなるからである。

- [0035] 図4に示すように、回転砥石がワークロールに接触するまでは、回転砥石の前進速度を5mm/sとし、回転砥石がワークロールに接触した後に、例えば、押付荷重が1000(N)に達した段階で、回転砥石の前進速度を5mm/sから1mm/sに減速させることによって、回転砥石のワークロールへの押付負荷が設定研削押付負荷 F_0 (1500N)を超えるオーバーシュートを低減して、許容オーバーシュート範囲内に収めつつ、設定研削押付負荷 F_0 への到達時間(研削準備時間)を短くすることができる。

実施例

- [0036] 本発明におけるワークロールのオンライン研削方法の実施例を表1に示す。

[表1]

区分	砥石剛性 K[N/mm]	砥石剛性 F0 [N/mm]	減速開始時付負荷		減速前の前進速度V1 [m/s]		減速後の前進速度V2 [m/s]		研削準備時間 [s]	オーバーシュート[N]			研削深さ[μm]		砥石破壊
			計算値	設定値	計算値	実値	計算値	実値		片容量	比率	実値	目標値	実値	
免明例	1	1000	1000	1000	5	0.9~1.5	1	3	150	0.1	30	3	3	無し	無し
	2	2000	500	400	5	0.42~0.7	0.5	3	150	0.1	0	3	3	無し	
	3	1000	500	300	10	0.9~1.5	1	1.5	150	0.1	0	3	3	無し	
比較例	1	1000	1000	1100	5	0.9~1.5	1	3	150	0.1	120	3	3	無し	無し
	2	1000	1000	500	5	0.9~1.5	1.6	3	150	0.1	80	3	3	無し	
従来例	1	1000	1000	-	5	0.9~1.5	5	3	150	0.1	500	3	4	有り	無し
	2	1000	1000	-	1	0.9~1.5	1	1.5	150	0.1	50	3	3	無し	

[0037] 本発明1～3は、回転砥石の前進速度の減速を開始する設定負荷Fを請求項2の計算式(A)を満足し、かつ、減速後の前進速度も請求項3の計算式(B)を満足する速度としたので、研削準備時間も短く、オーバーシュートも殆どなく、かつ、回転砥石の破損の発生もなく研削を開始できた。

[0038] 比較例1は、本発明の請求項2の比較例であり、回転砥石の前進速度を減速開始する設定負荷Fが請求項2の計算式(A)を満足しなかった(計算値より大きい設定負荷とした)例であり、オーバーシュート量が許容値内であるが大きなものとなった。

比較例2は、本発明の請求項3の比較例であり、回転砥石の減速後の前進速度V2が請求項3の計算式(B)を満足しなかった(計算値より若干速い速度とした)例であり、オーバーシュート量が許容値内ではあるが大きなものとなった。

[0039] また、従来例1は、回転砥石の前進速度を5mm/sのまま減速させなかった例であり、オーバーシュート量を許容値内に収めることができるロールタッチ部で過荷重となって狙い以上に深く研削するとともに、砥石変形が大きく、亀裂が発生した。

従来例2は、回転砥石の前進速度を最初から1mm/sの低速に設定したままとした例であり、オーバーシュートの発生はなかったが、研削準備時間が長くなった。

産業上の利用可能性

[0040] 本発明に係るワークロールのオンライン研削方法は、連続熱間圧延設備の仕上圧延機に用いて好適である。

請求の範囲

- [1] 圧延機のワークロールに弾性を有する回転砥石を押付けて研削するワークロールのオンライン研削方法であって、前記回転砥石がワークロールに接触した後、該回転砥石の押付負荷が予め設定した設定負荷 F になった際に、該回転砥石の前進速度を減速させて、前記回転砥石のワークロールへの押付負荷が設定研削押付負荷 F_0 を超えるオーバーシュートを低減することを特徴とするワークロールのオンライン研削方法。
- [2] 前記予め設定した負荷 F が下記(A)式を満足する範囲の値であることを特徴とする請求項1に記載のワークロールのオンライン研削方法。

$$F \equiv F_0 - K \times V1 \times At \quad \cdots (A)$$

ここに、 F :設定負荷[N]、

F_0 :設定研削押付負荷[N]、

K :砥石バネ剛性[N/mm]、

$V1$:減速前の砥石の前進速度[mm/s]、

At :制御遅れ時間[s]

- [3] 前記回転砥石の減速後の前進速度 $V2$ が、下記(B)式を満足することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のワークロールのオンライン研削方法。

$$0.6 \times (S \times F_0 / (K \times At)) \equiv V2 \equiv S \times F_0 / (K \times At) \quad \cdots (B)$$

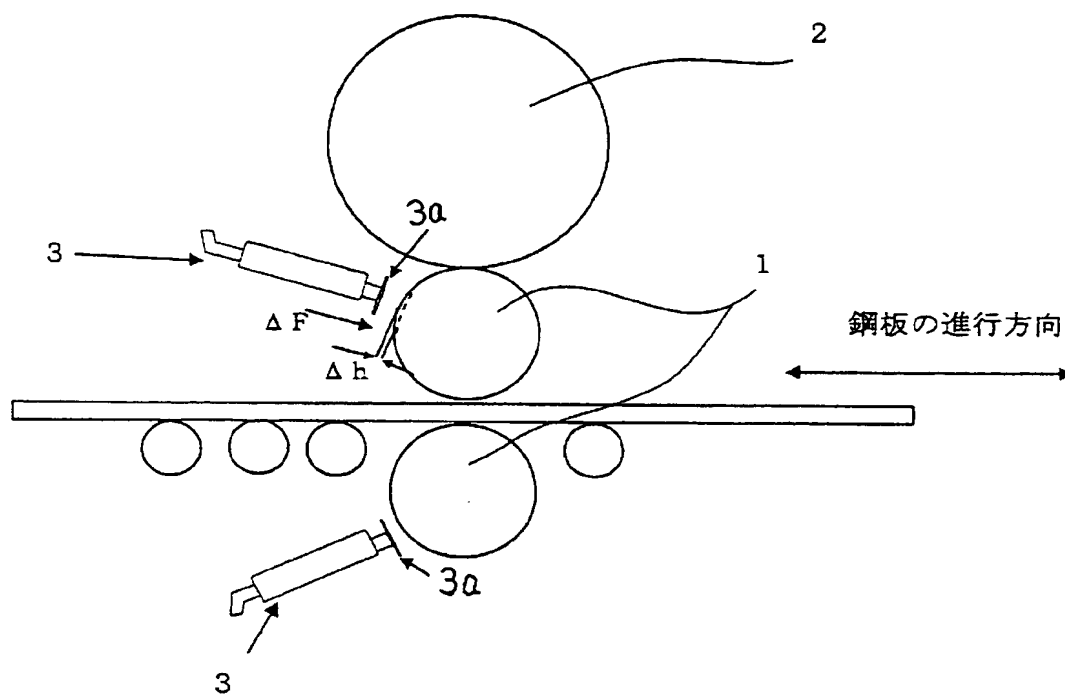
ここに、 $V2$:回転砥石の減速後の前進速度[mm/s]、

S :設定研削押付負荷 F_0 に対する許容オーバーシュート量の比率、

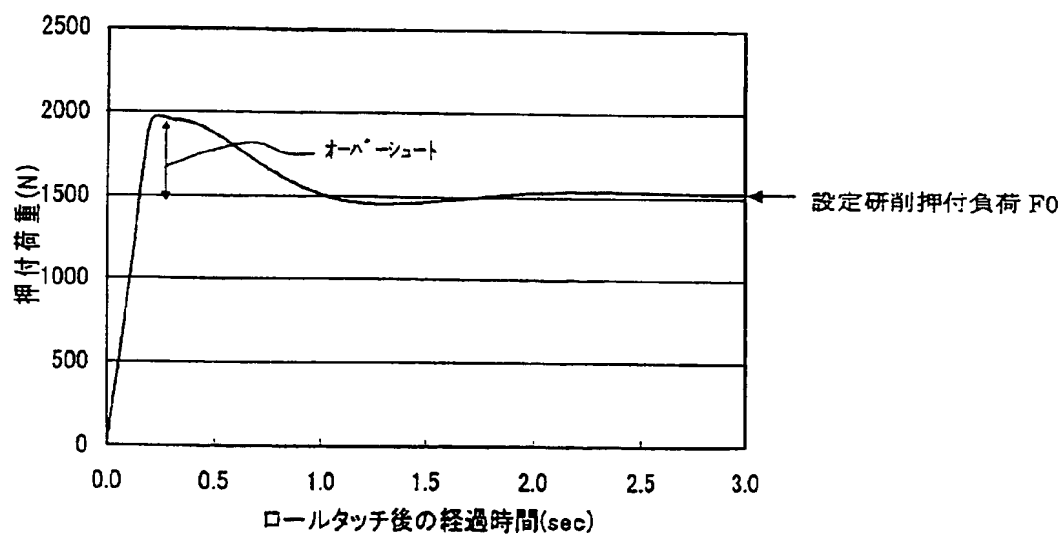
K :砥石バネ剛性[N/mm]、

At :制御遅れ時間[s]

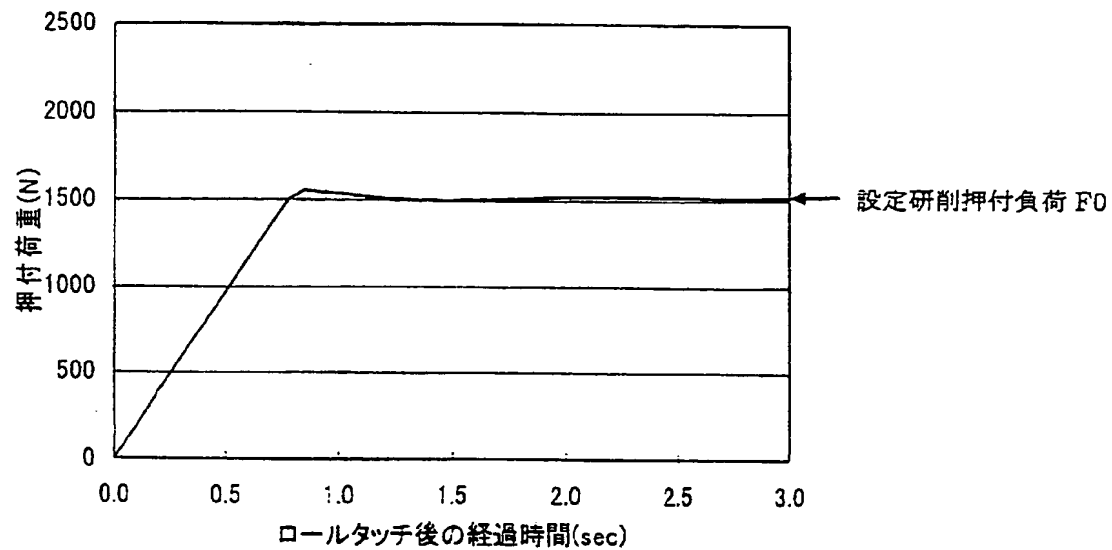
[図1]



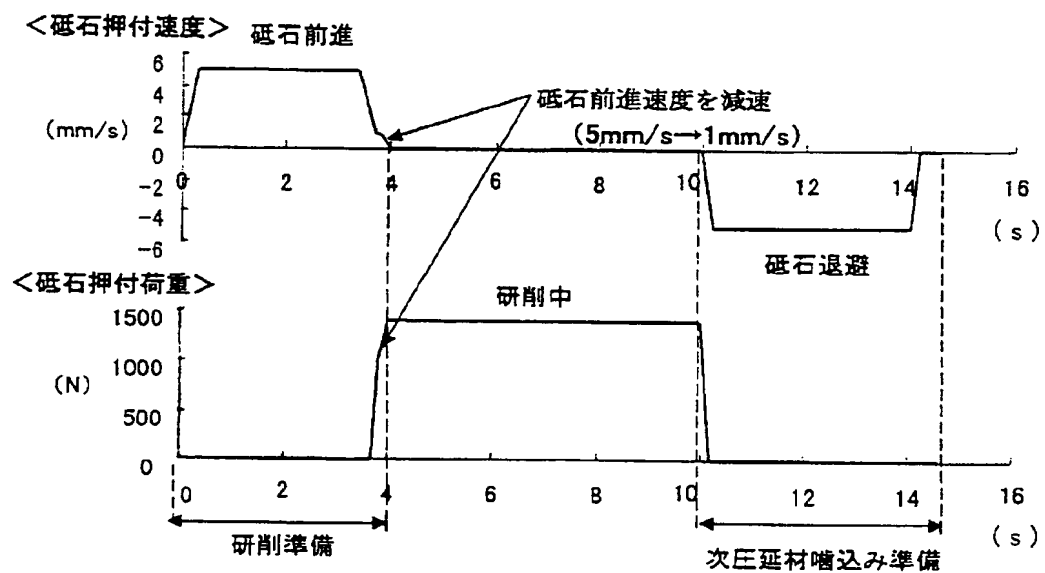
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/022052

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21B28/04 (2006.01) , **B24B49/16** (2006.01) , **B24B5/37** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B21B28/04 , **B24B5/37** , **B24B49/16**

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922 - 1996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2006
Kokai	Jitsuyo	Shinan	1971-2006	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994 -2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-309411 A (Hitachi, Ltd.), 26 November, 1996 (26.11.96), Claims (Family: none)	1 - 3
A	JP 8-300015 A (Hitachi, Ltd.), 19 November, 1996 (19.11.96), Claims (Family: none)	1 - 3
A	JP 5-337521 A (Kawasaki Steel Corp., Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 21 December, 1993 (21.12.93), Claims; Fig. 3 (Family: none)	1 - 3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C
 ☐ See patent family annex

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 February, 2006 (20.02.06)Date of mailing of the international search report
28 February, 2006 (28.02.06)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/022052

C (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-164407 A (Nippon Steel Corp.), 24 June, 1997 (24.06.97), Claims; Fig. 5 (Family: none)	1 - 3

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2005/022052

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

IntCl B21B28/04 (2006.01), B24B49/16 (2006.01), B24B5/37 (2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

IntCl B21B 28/04, B24B 5/37, B24B 49/16

最小限資料以外 ∞ 資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006年

国際調査で使った電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するとき、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 8-309411 A (株式会社日立製作所) 1996.11.26、 [特許請求の範囲] (7 アミリーなし)	1-3
A	JP 8-300015 A (株式会社日立製作所) 1996.11.19、 [特許請求の範囲1] (ファミリーなし)	1-3
A	JP 5-337521 A (JH 崎製鉄株式会社、石川島播磨重工業株式会社) 1993.12.21、 [特許請求の範囲]/、図3] (ファミリ. なし)	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリ. に関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

IA」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

IE」国際出願日前の出願または特許であるか、国際出願日以後に公表されたもの

IJ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

IO」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

rpj 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

ITJ 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

r&j 同一パテントファミリ. 文献

国際調査を完了した日

20.02.2006

国際調査報告の発送日

28.02.2006

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

國方 康伸

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

4E

3440

C (続き)。 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び 一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 9-164407 A (新日本製鐵株式会社) 1997.06.24、 [特許請求の範囲]、[図5] (ファミリーなし)	1-3